

FATEC - FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Materiais de pavimentação:

- BGTC
- Macadame hidráulico

1º semestre / 2025

Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Elton de Souza

1

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

BGTC

- A brita graduada tratada com cimento (BGTC) é uma material comumente utilizado em camada de sub-base de pavimento, neste o pavimento é classificado como pavimento semirígido invertido.



- Por definição a BGTC é uma mistura de material pétreo com adição de cimento na ordem de 3% a 4% em peso da mistura total, composto em usina tipo pugmill, e quando compactado adequadamente resulta em uma camada de pavimento com propriedades de elevada rigidez.

Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Elton de Souza

2

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

BGTC

As espessuras praticadas situam-se na ordem de 10 cm a 15 cm

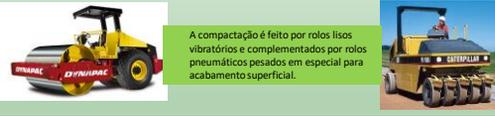
Cuidados especiais devem ser tomados quanto a possibilidades de segregação no lançamento da BGTC em pista.

camada final de 30 cm

15	2a. Camada
15	1a. Camada

Camada deverá ser compactada em uma única espessura, diferentemente da BGS que pode-se compactar em camadas sobrepostas.

A compactação é feito por rolos lisos vibratórios e complementados por rolos pneumáticos pesados em especial para acabamento superficial.



Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Elton de Souza

3

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

BGTC

- Os parâmetros de compactação para a BGTC são semelhantes ao obtidos para BGS: teor de umidade de moldagem na ordem de 3% a 5% e massa específica aparente seca, normalmente, superior a 2,0 g/m³.
- Ainda Balbo (2007), evidencia que, embora, a BGTC apresente elevada rigidez, apresenta também heterogeneidade com presença elevada de vazios não preenchidos por cimento, fato associado à distribuição granulométrica do material. A pasta de cimento responsável pelas ligações no embricamento dos agregados acarreta baixa resistência e que face às tensões e deformações a que a camada será submetida, o comportamento à fadiga é sofrível.

Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Elton de Souza

4

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

BGTC

Os valores de módulo de resiliência, normalmente, encontrados para esse tipo de material situam-se entre 7000 MPa a 18000 MPa conforme prescreve método de dimensionamento de pavimentos flexíveis e semirígidos do DER-SP, estando esses valores intimamente relacionados à origem mineralógica dos agregados, a forma das partículas, a distribuição granulométrica ao grau de compactação e por se tratar de um material permeável, ao grau de colmatção de seus vazios, dentre outros fatores menos influentes.

O aspecto final da camada é muito semelhante ao da BGS.



Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Elton de Souza

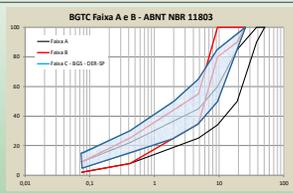
5

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

BGTC

Faixas granulométricas ABNT NBR 11803:2013

Faixa	Limite inferior	Granulômetro	
		4	7,5
2"	50,8	100	0
1.1/2"	38,1	90-100	0
1"	25,4	80	100
3/4"	19,0	70-85	90-100
3/8"	9,5	50-60	80-100
4	4,8	20-45	50-70
40	0,40	0-10	0-10
200	0,075	1-4	1-3



Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Elton de Souza

6

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

BGTC Faixas granulométricas DER-SP

Parâmetro	N em massa	tolerâncias
Abertura - Ø (mm)	percento	
1 1/2"	98,3	100
1"	25,4	90 - 100
3/4"	20,0	75 - 95
5/8"	9,3	45 - 64
4"	4,8	30 - 45
30	2,0	10 - 33
40	0,82	7 - 17
60	0,177	1 - 13
200	0,075	0 - 8

Espessura da camada de 12 a 18 cm

Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Fábio de Souza

7

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

BGTC

Os agregados utilizados obtidos a partir da britagem e classificação de rocha são constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres do excesso de partículas lamelares ou alongadas, macios ou de fácil desintegração, assim como de outras substâncias ou contaminações prejudiciais;

Perda no ensaio de durabilidade conforme DNER ME 089(9), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%.

Desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR NM 51(6), inferior a 50%;

Equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052(7), superior a 55%;

Índice de forma superior a 0,5 e percentagem de partículas lamelares inferior a 10%, conforme NBR 6954(8); e,

Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Fábio de Souza

8

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

Macadame Hidráulico

Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Fábio de Souza

9

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

Macadame Hidráulico

Macadame hidráulico não é um material de pavimentação, melhor enquadrado como um processo construtivo.

O material macadame teve sua origem na Inglaterra no início do século XIX, por concepção de MacAdam e foi bastante empregado nas primeiras rodovias brasileiras

A norma do DNIT 152/2010-ES define macadame hidráulico como uma "camada de pavimento constituída por uma ou mais camadas de agregados graúdos com diâmetro variável de 3,5" a 1/2" (88,9 mm a 12,7 mm), compactadas, com as partículas firmemente entrosadas umas às outras, e os vazios preenchidos por agregado para enchimento, com ajuda lubrificante da água".

Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Fábio de Souza

10

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

Macadame Hidráulico

Aplicado em camada de base ou sub-base de pavimento, com espessuras médias entre 12 cm e 20 cm. O DER-SP na IP-DE-P00/001. - especifica valores de módulo de resiliência para projeto de 250 MPa a 450 MPa.

Esse tipo de material não possui parâmetros de ensaios que possibilite a orientação de aplicação como: densidade seca máxima umidade ótima de compactação. As especificações condizem aos parâmetros de aplicação diretamente em campo como: características da granulometria do tipo de camada, cura, etc.

Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Fábio de Souza

11

FATEC - Faculdade de Tecnologia de São Paulo

Macadame Hidráulico DNIT 152/2010-ES

Composição granulométrica: agregado graúdo / agregado miúdo e material de enchimento

Abertura (mm)	Agregado Graúdo		Agregado Miúdo		Material de Enchimento	
	Limite Superior (%)	Limite Inferior (%)	Limite Superior (%)	Limite Inferior (%)	Limite Superior (%)	Limite Inferior (%)
75	100	95	100	95	100	95
150	100	90	100	90	100	90
300	100	80	100	80	100	80
600	100	60	100	60	100	60
1250	100	40	100	40	100	40
2500	100	20	100	20	100	20
5000	100	10	100	10	100	10
10000	100	5	100	5	100	5
20000	100	2	100	2	100	2
40000	100	1	100	1	100	1
80000	100	0,5	100	0,5	100	0,5
160000	100	0,2	100	0,2	100	0,2
320000	100	0,1	100	0,1	100	0,1

camada de bloqueio

Mestrado em Pavimentação PROF. Dr. Fábio de Souza

12

Macadame Hidráulico

camada de bloqueio

Deve ser empregada sempre que o material da camada subjacente tiver mais de 35 % em peso passando na peneira n° 200, deve ser executada, antes do primeiro espalhamento do agregado graúdo, uma camada de bloqueio em toda a largura da plataforma, compreendendo pista e acostamento, com a espessura de 4 cm a 1 cm.

13

Macadame Hidráulico

Características dos materiais

- ✓ Durabilidade agregado graúdo com perdas menores que: 20% no sulfato de sódio e 30% no sulfato de magnésio;
- ✓ Abrasão Los Angeles menor que 50%;
- ✓ O agregado graúdo deve ter diâmetro máximo compreendido entre 1/2 e 2/3 da espessura final de cada camada executada, devendo ser constituído de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares, macias ou de fácil desintegração, e de outras substâncias prejudiciais;
- ✓ O pedregulho ou o cascalho britado devem apresentar, no mínimo, 75% em peso de partículas com duas faces obtidas na britagem.
- ✓ Índice de forma menor ou igual a 2 conforme NBR 7809(2013);
- ✓ Limite de liquidez $\leq 25\%$ e IP $\leq 6\%$ para a fração de material passante na peneira n. 40 (0,42 mm de abertura). Para o material de enchimento e IP $\leq 6\%$ para a mesma fração do material de graduação fina;
- ✓ EA mínimo de 55%;

14

Macadame Hidráulico

O controle de execução, conforme a Especificação de Serviço DNIT 152/2010-ES contempla:

- Verificações visuais da compressão
- Uma verificação após o término de cada compressão, antes da colocação do agregado para enchimento, por meio da passagem do rolo em cada faixa compactada, para constatar o aparecimento ou não de sulco ou ondulação antes da colocação do agregado para enchimento;
- Uma verificação de enchimento dos vazios depois de concluída a irrigação, pela constatação de uma pequena onda de pasta de agregado e água à frente do rolo, quando este se deslocar sobre a base;
- Verificação da compactação final, pela colocação à frente do rolo compressor de uma pedra de tamanho razoável, constatando o esmagamento da mesma pelo rolo, sem penetrar na camada.

15

Macadame Hidráulico

Controle Tecnológico

Viga Benkelman

Verificação das características geométricas da camada como produto final

Plano de amostragem – controle tecnológico condições de conformidade e não conformidade

16

Macadame Hidráulico



Figura 1 - Espalhamento da 1ª camada de macadame seco.



Figura 2 - Espalhamento do material de enchimento

17

Macadame Hidráulico

Obrigado pela atenção

18